

Q420B 铁塔角钢裂纹的成因分析和工艺优化

姚娜 兴超

(济源职业技术学院, 济源 459000)

摘要 Q420B 铁塔角钢(/% : 0.12 ~ 0.17C, 0.15 ~ 0.35Si, 1.25 ~ 1.60Mn, ≤0.035P, ≤0.035S, 0.06 ~ 0.09V) 的生产流程为 60 t 转炉-LF-220 mm × 290 mm 坯连铸-型钢轧制。铁塔角钢成品酸洗后发现部分批次出现裂纹和表面夹杂, 分析表明, 裂纹深度达 1 mm, 有夹杂物和氧化、脱碳现象。通过保护渣碱度从 0.97 降至 0.79, 粘度由 0.236 Pa · s 提高至 0.450 Pa · s, 连铸坯矫直温度从 900 °C 提高至 1 000 °C, 二冷比水量从 0.9 L/kg 降至 0.7 L/kg 等工艺措施, 铸坯的合格率由 93% 提高到 97%, 并有效地避免了角钢裂纹的形成。

关键词 Q420B 铁塔角钢 表面裂纹 成因分析 保护渣粘度 二冷比水量

Analysis on Forming Cause for Crack of Anger Steel Q420B for Tower and Process Optimization

Yao Na and Xing Chao

(Jiyuan Vocational Technology College, Jiyuan 459000)

Abstract The production flowsheet for angle steel Q420B for tower (/% : 0.12 ~ 0.17C, 0.15 ~ 0.35Si, 1.25 ~ 1.60Mn, ≤0.035P, ≤0.035S, 0.06 ~ 0.09V) is 60 t BOF-LF-220 mm × 290 mm bloom casting-section steel rolling. The surface cracks and inclusions occur at partial batches of finished tower anger steel products after pickling and the analysis results show that the depth of cracks is up to 1 mm with inclusions, oxidation and decarburization phenomenon. With the process measures including decreasing the basicity of mould shielding powder from 0.97 to 0.79 and increasing its viscosity from 0.236 Pa · s to 0.450 Pa · s, increasing the straightening temperature casting slag from 900 °C to 1 000 °C and decreasing the secondary cooling water rate from 0.9 L/kg to 0.7 L/kg, the qualified rate of casting bloom increases from 93% to 97% and it is available to avoid the formation of crack of angle steel.

Material Index Angle Steel Q420B for Tower, Surface Cracks, Analysis on Forming Cause, Viscosity of Mould Shielding Powder, Secondary Cooling Water Rate

Q420B^[1-5] 铁塔角钢是一种屈服强度为 420 MPa 的通用型低合金高强度结构钢, 具有很高的强度、良好的抗疲劳性能、具有高韧性和低的脆性转变温度、具有良好的冷成型性能和焊接性能、具有较好的抗腐蚀性能和一定的耐磨性能。其用途非常广泛, 主要用于建造大型船舶、桥梁、电站设备、中高压锅炉、高压容器、机车车辆、起重机械、矿山机械以及其他大型焊接结构件。本文针对钢厂 2013 年部分批次出现裂纹的缺陷进行分析, 找出原因, 进行工艺改进, 效果良好。

1 生产工艺流程和主要设备参数

石家庄钢铁公司(简称石钢)生产 Q420B 铁塔角钢的工艺流程是 60 t 转炉→60 t LF→220 mm × 290 mm 连铸机→铸坯清理→型钢厂轧制→检验入库, 连铸机的主要工艺参数见表 1。

2 铁塔角钢裂纹缺陷形态

石钢 Q420B 铁塔角钢裂纹及表面缺陷现象比较严重, 许多批次的型材都出现了或多或少的表面

裂纹。2013 年 2 月初, 石钢二钢厂生产了 51 个批次的 Q420B 铁塔角钢, 化学成分见表 2, 规格(mm)为 ∠200 × 200 × 24, 投料量为 1 733.857 t, 成材率为 92%, 力学性能检验合格, 但成品酸洗后发现有部分批次出现裂纹和表面夹杂缺陷。图 1 为角钢裂纹的宏观照片。

3 铁塔角钢裂纹的分析

3.1 裂纹及附近金相组织分析

表 1 220 mm × 290 mm 连铸机的参数

Table 1 Parameters of caster for 220 mm × 290 mm bloom

项目	参数
机型	5 机 5 流弧形连铸机
铸机弧形半径/mm	9 000
冶金长度/m	16.438
流间距/mm	1 500

表 2 Q420B 钢的化学成分 / %

Table 2 Chemical composition of steel Q420B / %

C	Si	Mn	P	S	V
0.12 ~ 0.17	0.15 ~ 0.35	1.25 ~ 1.60	≤0.035	≤0.035	0.06 ~ 0.09

通过对部分裂纹缺陷部位金相取样,并经过磨样、抛光以及侵蚀或未经侵蚀观察,发现铁塔角钢顶端和表面裂纹在微观上存在两种类型:一种裂纹底部较为圆滑,深度较浅,一般不超过 0.6 mm,裂纹内部无其他物质,以下称为裂纹 I,其形貌如图 2(a)所示;另一种裂纹尾部较为尖锐,深度较深,最深可达 1 mm 左右,裂纹内部存在氧化皮,并在裂纹尾部存在较多氧化质点,以下称为裂纹 II,其形貌如图 2(b)所示。

为探寻上述两种裂纹的形成机理,对图 2(a,b)中两种裂纹及其附近的金相组织做了进一步观察。通过观察发现裂纹 I 附近不存在任何氧化质点,裂纹内部也不含任何物质,但试样侵蚀后裂纹边缘发现轻微脱碳现象,如图 2(c)所示。

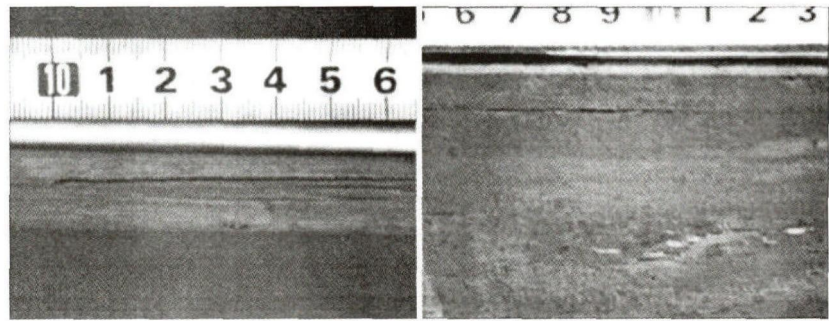


图 1 角钢顶端(a)和表面(b)裂纹形貌
Fig. 1 Morphology of cracks at top (a) and surface (b) of angle steel

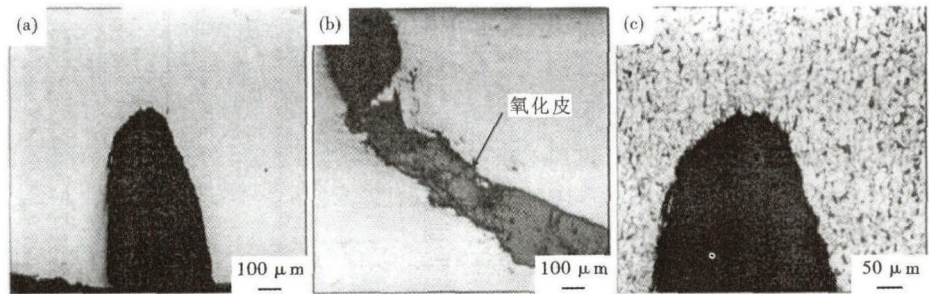


图 2 角钢裂纹 I (a) 裂纹 II (b) 和裂纹 I 尾部组织(c)形貌
Fig. 2 Morphology of crack I (a), crack II (b) and structure at crack I tail (c) of angle steel

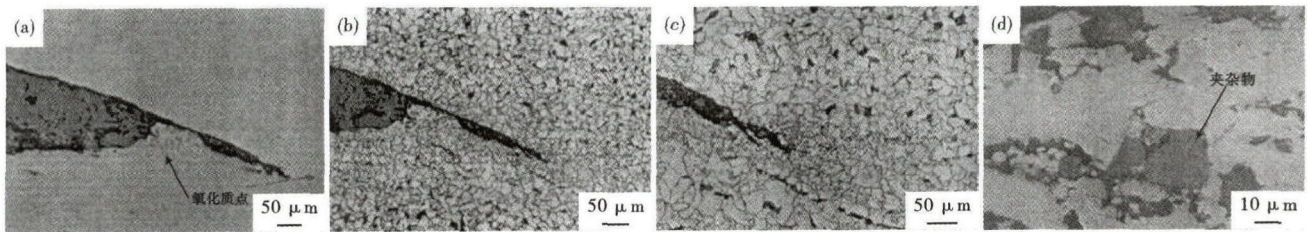


图 3 角钢裂纹尾部氧化质点(a),裂纹尾部组织(b)和(c)以及裂纹尾端的夹杂物(d)形貌
Fig. 3 Morphology of oxidized particle at crack tail (a), structure of crack tail (b) and (c), and inclusions at tip of crack tail (d) of angle steel

示。裂纹 II 在尾部区域存在较多的氧化质点,并且裂纹内部也存在大量的氧化皮,同时脱碳现象较裂纹 I 明显,尤其是在裂纹尾部存在明显的脱碳现象(图 3b),裂纹内部发现一定夹杂物的存在,如图 3(d)所示。进一步观察图 3,发现这些夹杂物主要存在于裂纹尾部或被氧化皮所包围,这是由于裂纹尾部空隙较小,夹杂物易于被夹持住,在磨制和抛光过程中不易脱落,而裂纹其他部位的夹杂物则有可能脱落,这也说明裂纹是沿着夹杂物分布路径扩展的。

通过金相观察和分析可知,试样中存在两种不同类型的裂纹,两种裂纹的微观形貌及其组织均有所不同。裂纹 I 尾部圆滑,裂纹内部未发现氧化皮,附近也未发现氧化质点,裂纹仅分布在角钢顶端,由

此可以认为裂纹 I 是在轧制过程中由于轧制工艺因素所造成的,而与夹杂物无关。

裂纹 II 则完全不同,在裂纹内部不仅存在大量氧化皮与夹杂物颗粒,并且在裂纹附近分布大量氧化质点以及明显的脱碳现象,裂纹不仅分布在角钢顶端,而且也可分布在角钢表面。因此,裂纹 II 的形成与夹杂物有密切的关系。由于坯料中含有较多硅酸盐类夹杂物(属于不易变形的脆性夹杂物),在轧制过程中,这类夹杂物不能与基体发生相应的变形,使夹杂物与基体界面脱开因而形成裂纹源,在随后的轧制过程中,因压下量较小而不能使其焊合而被进一步扩展,同时在轧制高温下氧化性气体进入裂纹,从而在裂纹内部形成氧化铁皮和附近产生氧化

质点及脱碳现象。

3.2 保护渣粘度的影响

保护渣粘度是保护渣一个重要的性能,它是确定保护渣流动性以及液渣层厚度的一个重要参数。钢厂保护渣的组成和性质见表 3,利用粘度测试仪来测定连铸保护渣不同温度下的粘度,并利用 Matlab 绘制出保护渣粘度-温度曲线图,如图 4 所示。

从图 4 中可以看出,保护渣的粘度值随温度的升高而降低,且在 1 300 °C 的粘度为 0.236 Pa·s。

根据现场调研和对石钢连铸保护渣性能测定结果可知,石钢 Q420B 铁塔角钢保护渣粘度 η 为 0.236 Pa·s,显然有点偏低。当保护渣粘度较小时,液态渣膜厚度会增加,就容易使渣膜厚度变得不均匀,导致渣膜传热不均匀,引起不均匀凝固,从而使铸坯产生表面裂纹缺陷。因此应适当增加其保护渣粘度,应控制该保护渣粘度在 0.450 Pa·s 左右,这样就可以减小表面裂纹和卷渣的发生概率,提高铸坯质量。

表 3 保护渣的组成和物理参数

Table 3 Ingredient and physical parameters of mould shielding powder

渣组成 / %					碱度 (R)	熔点 / °C	粘度 / (Pa·s)
CaO	SiO ₂	MgO	F	C _固			
30.3	31.5	2.86	7.14	3.05	0.967	1 120	0.236

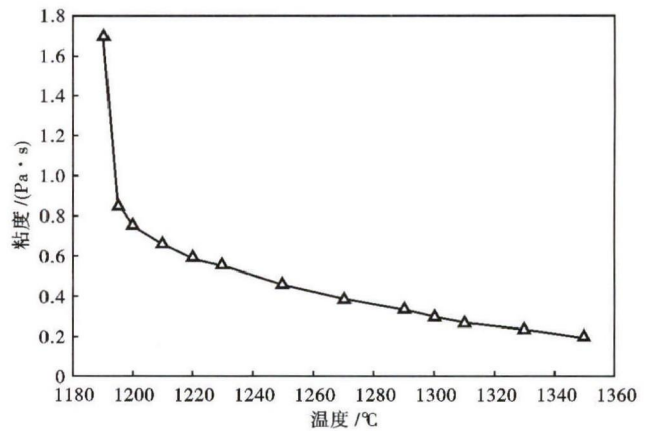


图 4 保护渣粘度-温度曲线

Fig. 4 Curve of viscosity-temperature of mould shielding powder

表 4 改进前后的工艺参数

Table 4 Parameters of process before and after improvement

工艺	渣的成分 / %				碱度 (R)	保护渣的物理参数		工艺参数	
	CaO	SiO ₂	MgO	C _固		熔点 / °C	粘度 / (Pa·s)	矫直温度 / °C	比水量 / (L·kg ⁻¹)
改进前	30.3	31.5	2.9	3.1	0.97	1 120	0.236	900	0.9
改进后	23.5	29.7	1.8	5.0	0.79	1 134	0.450	1 000	0.7

3.3 二冷水分布分析

石钢连铸机足辊区、二冷 I 段、二冷 II 段的二冷水量分配比大致为 40%、40%、20%,内外弧水量分配与两侧面相同。

Q420B 铁塔角钢属于低合金结构钢,其二冷水比水量为 0.9 L/kg。石钢二钢厂连铸矫直温度一般控制在 900 °C 左右,而 V 微合金化钢的塑性低谷开始温度很低,在 880 ~ 950 °C。也就是说,铸坯矫直时的温度有点偏低,应适当提高。将二冷水比水量降至 0.7 L/kg,提高铸坯矫直温度,防止铸坯在塑性低谷处受矫直力作用而产生裂纹。

通过采取一系列的措,产品质量得到明显改善,铸坯合格率由 93% 提高到 97%,表 4 为改进前后的工艺参数。

4 结论

(1)通过对石钢 Q420B 铁塔角钢裂纹进行金相组织分析,研究结果发现大部分角钢裂纹是由铸坯夹杂物引起的。

(2)连铸过程中所用保护渣 1 300 °C 粘度值为

0.236 Pa·s,粘度偏低,流动性比较强,同时由于石钢二钢厂铸坯拉速控制不稳定,钢液面易波动,加大了卷渣的可能。提高该钢种保护渣粘度,应控制在 0.450 Pa·s 左右。

(3)对于石钢连铸二冷水,比水量偏大,由 0.9 L/kg 降低至 0.7 L/kg,从而提高铸坯矫直温度,减少矫直带来的裂纹缺陷。

参考文献

- [1] 钱振星,李立新,段东明. 高强度船板表面裂纹产生原因分析[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版),2007,30(6):564-566.
- [2] 卢俊,王倩,杨忠民,等. 钕微合金化热轧带肋钢筋表面裂纹研究[J]. 钢铁,2007,42(1):35-38.
- [3] 王明海. 钢铁冶金概论[M]. 北京:冶金工业出版社,2004.
- [4] 蔡开科. 连续铸钢[M]. 北京:科学出版社,1991.
- [5] 史宸兴. 连铸铸坯质量[M]. 北京:冶金工业出版社,1980.

姚娜(1979-),女,硕士(2009年安徽工业大学),讲师,2002年辽宁科技学院(专科)毕业,钢铁冶金研究。
E-mail:yaon0416@163.com

收稿日期:2016-06-13